

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-335339**

(43)Date of publication of application : **04.12.2001**

(51)Int.Cl.

C03B 37/018

C03B 37/014

(21)Application number : **2000-153568**

(71)Applicant : **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**

(22)Date of filing : **24.05.2000**

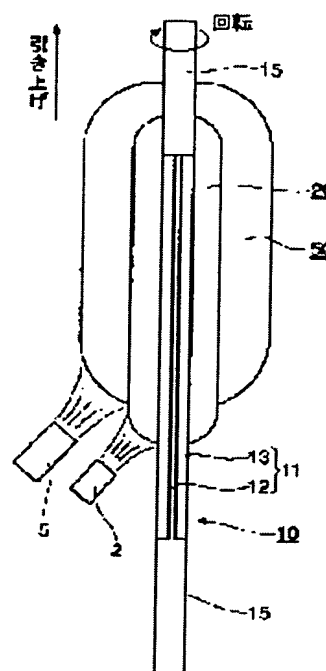
(72)Inventor : **OISHI TOSHIHIRO
YOKOYAMA YOSHIO**

(54) PROCESS FOR PRODUCING OPTICAL FIBER BASE MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a process for producing the base material of an optical fiber which enables to form a jacket, and which is improved in production efficiency by preventing the formation of a layer containing OH groups around the periphery of a starting rod and restraining crack or peeling of glass fine grain layer.

SOLUTION: In addition to the main burner 5 for forming the jacket layer 50, the supplementary burner 2 is installed, and thereby, a protecting layer 20 is formed while maintaining the surface temperature of the periphery of the starting rod 10 within a prescribed range. The jacket layer 50 is formed by the main burner 5 to cover the whole protecting layer 20 around its periphery. Thus, realized is a process for producing an optical fiber base material in which the adsorption and intrusion of OH groups into the starting rod 10 are restrained and the occurrence of cracks and peeling of glass fine grain layer are also reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-335339

(P 2001-335339A)

(43) 公開日 平成13年12月4日 (2001. 12. 4)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テ-マコ-ト (参考)

C 0 3 B 37/018

C 0 3 B 37/018

C 4G021

37/014

37/014

Z

審査請求 未請求 請求項の数 7

O L

(全 1 1 頁)

(21) 出願番号 特願2000-153568 (P2000-153568)

(22) 出願日 平成12年5月24日 (2000. 5. 24)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 大石 敏弘

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 横山 佳生

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

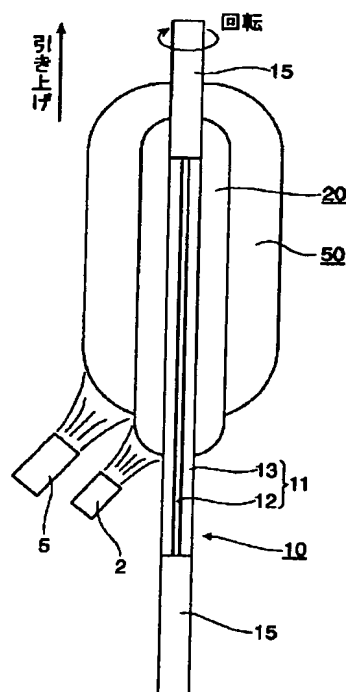
F タ-ム (参考) 4G021 CA12 EA03 EB13 EB26

(54) 【発明の名称】 光ファイバ母材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 出発ロッドの外周面近傍でのOH基含有層の形成を防止するとともに、スス割れやススの剥離の発生が抑制されて製造効率が向上されるジャケット形成が可能な光ファイバ母材の製造方法を提供する。

【解決手段】 ジャケット層50を形成するための主バーナ5とは別に補助バーナ2を設けるとともに、出発ロッド10の外周面の表面温度を所定の温度範囲に保持しながら、補助バーナ2によって保護層20を形成する。そして、保護層20の外周上に、主バーナ5によってジャケット層50を、保護層20の全体を覆うように形成する。これによって、出発ロッド10へのOH基の吸着及び浸入が抑制されると同時に、スス割れやススの剥離の発生が低減される光ファイバ母材の製造方法が実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともコアを含む出発ロッドの外周上に、前記出発ロッドの外周面の表面温度を所定の温度範囲内に保ちつつ、補助バーナからの火炎によって第 1 ガラス微粒子層を成長させるとともに、前記第 1 ガラス微粒子層の外周上に、主バーナからの火炎によって前記第 1 ガラス微粒子層の全体を覆う第 2 ガラス微粒子層を成長させて、多孔質ガラス母材を形成するスス付け工程と、

前記多孔質ガラス母材を脱水し、焼結して透明ガラス母材とする脱水焼結工程とを備えることを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 2】 前記所定の温度範囲は、350℃以上 850℃以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 3】 前記補助バーナとして、複数本のバーナを用いることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 ガラス微粒子層の成長される厚みを、前記第 2 ガラス微粒子層を成長させる前記主バーナからの火炎の条件に応じて制御することを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 5】 前記スス付け工程は、前記出発ロッドを前記補助バーナ及び前記主バーナに対して所定の方向に移動させつつ、前記出発ロッドの外周上に、前記補助バーナからの火炎によって前記第 1 ガラス微粒子層を成長させるとともに、前記第 1 ガラス微粒子層の外周上に、前記主バーナからの火炎によって前記第 2 ガラス微粒子層を成長させる第 1 成長工程と、前記第 1 ガラス微粒子層が所定の位置まで成長された後、前記補助バーナへのガスの供給を停止して、前記第 1 ガラス微粒子層の成長を終了する第 1 停止工程と、前記出発ロッドを前記所定の方向に移動させつつ、前記主バーナからの火炎によって前記第 2 ガラス微粒子層をさらに成長させる第 2 成長工程と、前記第 2 ガラス微粒子層が、前記第 1 ガラス微粒子層の全体を覆う位置まで成長された後、前記主バーナへのガスの供給を停止して、前記第 2 ガラス微粒子層の成長を終了する第 2 停止工程とを有することを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 6】 前記第 2 停止工程において、前記補助バーナが停止してから経過時間を計測するタイマを用いて、前記主バーナの停止タイミングを決定することを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 7】 前記第 2 停止工程において、前記第 2 ガラス微粒子層の成長された位置が、前記第 1 ガラス微粒子層の全体を覆う位置に到達したことを検知する成長位置検知手段を用いて、前記主バーナの停止タイミングを決定することを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ母材の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、出発ロッドの外周上へのスス付けによってジャケット形成を行う光ファイバ母材の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ母材の製造方法として、出発ロッドの外周上に、スス付けでガラス微粒子層を合成することによってジャケット形成を行って、光ファイバ母材を形成する方法がある（例えば、特開平 2-44040 号公報）。このようなスス合成によるジャケット形成では、最初に、VAD 法などによってコアを含む出発ロッドを作製する。そして、この出発ロッドの外周上にガラス微粒子（スス）を VAD 法などでさらに堆積させて、ジャケット層となるガラス微粒子層（スス層、ガラス多孔質層）を形成することによって、出発ロッドへのジャケット形成を行っている。

【0003】 バーナからの火炎によってスス付けを行う場合、ススが堆積される出発ロッドの外周上に、酸素水素火炎（ O_2-H_2 火炎）によって OH 基含有層が形成される。この OH 基含有層は、ガラス化されている出発ロッドの表面部分に形成されるため、塩素による通常の脱水工程を行っても、OH 基を十分に除去することができない。このため、ジャケット層をスス付けによって形成すると、出発ロッドとジャケット層との界面に OH 基含有層が残った状態で、多孔質ガラス母材が形成されることとなる。特に、加水分解反応を効率良く行ってススの堆積効率を一定に保つため、酸素及び水素が多量に供給された酸素水素火炎を用いた場合には、出発ロッドの外周面の表面温度が高くなり、出発ロッドの表面層に OH 基が吸着、浸入しやすい。

【0004】 このように出発ロッドのジャケット界面近傍に形成された OH 基含有層内の OH 基は、加熱焼結後の光ファイバ母材の線引時などに、出発ロッドのコア内へと拡散される。ここで、OH 基は、波長 1.38 μm に光吸収ピークを有しており、光ファイバ内で伝送される光の伝送損失の原因となる。したがって、上記のようにコア内に OH 基が拡散されてしまうと、光ファイバとしての光伝送の伝送損失が増大してしまう。特に、出発ロッドに対するジャケット倍率が大きく、出発ロッドの外周面から光ファイバ母材の中心までの距離が小さい場合には、ジャケット形成による OH 基の拡散の影響がコア中心部まで及ぶこととなり、伝送損失が大幅に劣化することとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 スス付けによるジャケット形成によって生じる OH 基含有層からの OH 基の浸入の影響を低減する方法としては、例えば、ススの堆積によるジャケット形成を行う前に、ジャケット形成するススと同材質のガラスチューブを出発ロッドの外周上に

被せるコラプス（ロッドインコラプス）を行い、その後
にスス付けを行う方法がある。

【0006】この場合、ロッドインコラプスで被せられ
たガラスチューブによって出発ロッドの外径が実効的に
大きくなるので、ススの堆積によるジャケット形成を行
っても、外周面近傍に形成されるOH基含有層からのOH
基の拡散の影響が出発ロッドの中心部分にあるコアま
で及びにくくなる。したがって、出発ロッド内にある程
度OH基が浸入しても光が伝播する領域にはほとんど浸
入しなくなるので、光ファイバでの伝送損失の増大を抑
制することができる。しかしながら、この方法では、出
発ロッドとは別にガラスチューブを用意しておく必要が
ある。また、光ファイバ母材の製造工程にコラプス工程
が付加されてしまうために、工程が複雑化するととも
に、製造コストが増大してしまう。

【0007】一方、特開平1-111747号公報に、
出発ロッドの界面温度を600～650℃程度の低温に
維持しつつススはある程度の厚みまで堆積させた後、通
常の条件でのスス付けを行ってジャケットを形成する方
法が開示されている。この製造方法では、ジャケット界
面の温度と残留OH基の量との相関に着目し、上記した
低い温度条件を保つことで出発ロッド内へのOH基の浸
入を抑制している。

【0008】しかしながら、上記の製造方法において
は、界面温度を600～650℃程度とするやや低温な
条件でススはある程度堆積した後、それとは別の太径バ
ーナからの火炎によって、通常の条件でさらにススを堆
積してジャケット形成を行っている。このとき、低温で
形成された内側のスス層は、外側のスス層に比べて柔ら
かい（嵩密度が低い）層となる。このようにして得られ
た多孔質ガラス母材においては、これら2つのスス層で
の固さの違い（嵩密度の違い）から、スス付け工程中な
どでのスス割れや出発ロッドからのススの剥離などを生
じ、製造効率が低下してしまうという問題があった。

【0009】本発明は、以上の問題点に鑑みてなされた
ものであり、出発ロッドの外周面近傍でのOH基含有層
の形成を防止するとともに、スス割れやススの剥離の発
生が抑制されて製造効率が向上されるジャケット形成が
可能な光ファイバ母材の製造方法を提供することを目的
とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成す
るために、本発明による光ファイバ母材の製造方法は、
（1）少なくともコアを含む出発ロッドの外周上に、出
発ロッドの外周面の表面温度を所定の温度範囲内に保ち
つつ、補助バーナからの火炎によって第1ガラス微粒子
層を成長させるとともに、第1ガラス微粒子層の外周上
に、主バーナからの火炎によって第1ガラス微粒子層の
全体を覆う第2ガラス微粒子層を成長させて、多孔質ガ
ラス母材を形成するスス付け工程と、（2）多孔質ガラ

ス母材を脱水し、焼結して透明ガラス母材とする脱水焼
結工程とを備えることを特徴とする。

【0011】上記した光ファイバ母材の製造方法におい
ては、ジャケット付け用の主バーナとは別に補助バーナ
を設けている。そして、この補助バーナによって、スス
付けが行われる出発ロッドの外周面の表面温度を、出発
ロッドへのOH基の吸着及び浸入が防止される所定の温
度範囲に保持しながら、保護層となる第1ガラス微粒子
層を形成する。これによって、出発ロッドの外周面近傍
でのOH基含有層の形成が抑制される。

【0012】また、この第1ガラス微粒子層は、出発ロ
ッドの外周面と、通常のジャケット層と同様に成長され
る第2ガラス微粒子層とを隔てる層となる。このとき、
主バーナによるスス付けで第1ガラス微粒子層の外周面
の表面温度が高温となっても、第1ガラス微粒子層の厚
みによって出発ロッドの外周面の表面温度上昇が抑えら
れることとなり、出発ロッドの外周面近傍でのOH基含
有層の形成が抑制される。

【0013】以上により、本製造方法では、酸素水素火
炎によって発生したOH基の出発ロッドへの吸着及び浸
入が十分に抑制される。したがって、通常の塩素による
脱水などの脱水工程によるOH基の除去が可能となり、
線引時におけるコアへのOH基の拡散が防止される。

【0014】また、第2ガラス微粒子層を、第1ガラス
微粒子層の全体を覆うように形成している。第1ガラス
微粒子層は、その成長条件から、通常は第2ガラス微粒
子層よりも柔らかいスス層となる。このため、第1ガラ
ス微粒子層の一部が成長端部などで外部に露出されてい
ると、この露出部位からスス割れ及びススの出発ロッド
からの剥離を生じやすい。これに対して、第1ガラス微
粒子層の全体を外周側の第2ガラス微粒子層で覆うこと
によって、上記のようにOH基含有層の形成が防止され
ると同時に、スス割れやススの剥離の発生が抑制される
光ファイバ母材の製造方法が実現される。

【0015】ここで、出発ロッドの外周面に対する上記
した所定の温度範囲は、350℃以上850℃以下であ
ることが好ましい。スス付け時におけるOH基の出発ロ
ッドへの吸着及び浸入は、外周面の表面温度に大きく依
存するが、上記の温度範囲内の表面温度としておくこと
によって、OH基の吸着及び浸入によるOH基含有層の
形成を、効率的に防止することができる。

【0016】また、補助バーナとして、複数本のバーナ
を用いることを特徴としても良い。このとき、主バーナ
によって成長される第2ガラス微粒子層に対する保護層
である第1ガラス微粒子層の厚みをより厚くするなど、
主バーナでのスス付けの影響による出発ロッドの外周面
の表面温度上昇を、さらに低減することができる。

【0017】また、第1ガラス微粒子層の成長される厚
みを、第2ガラス微粒子層を成長させる主バーナからの
火炎の条件に応じて制御することを特徴とする。主バー

ナからの火炎の火力などの条件が異なると、それに伴う出発ロッドの外周面での表面温度上昇も同時に変化する。これに対して、第1ガラス微粒子層の厚みを主バーナの火力等に応じて設定することとすれば、それぞれの火炎条件に対して、出発ロッドへのOH基の浸入を十分に抑制することができる。

【0018】なお、必要以上に第1ガラス微粒子層の厚みを厚くするとスス付けの効率が悪くなるので、OH基の浸入抑制の効果と合わせて、好適な厚みを設定することが好ましい。

【0019】第2ガラス微粒子層を第1ガラス微粒子層の全体を覆うように形成するための具体的な方法としては、例えば、スス付け工程は、(a)出発ロッドを補助バーナ及び主バーナに対して所定の方向に移動させつつ、出発ロッドの外周上に、補助バーナからの火炎によって第1ガラス微粒子層を成長させるとともに、第1ガラス微粒子層の外周上に、主バーナからの火炎によって第2ガラス微粒子層を成長させる第1成長工程と、

(b)第1ガラス微粒子層が所定の位置まで成長した後、補助バーナへのガスの供給を停止して、第1ガラス微粒子層の成長を終了する第1停止工程と、(c)出発ロッドを所定の方向に移動させつつ、主バーナからの火炎によって第2ガラス微粒子層をさらに成長させる第2成長工程と、(d)第2ガラス微粒子層が、第1ガラス微粒子層の全体を覆う位置まで成長した後、主バーナへのガスの供給を停止して、第2ガラス微粒子層の成長を終了する第2停止工程とを有する構成がある。

【0020】VAD法などで各ガラス微粒子層を成長していく場合、補助バーナ及び主バーナは出発ロッドの移動方向(長手方向)に対して異なる位置に配置される。したがって、補助バーナと主バーナとを同時に停止して多孔質ガラス母材の形成を終了すると、その先端部において、第1ガラス微粒子層の先端部が外周側の第2ガラス微粒子層よりも突出して、一部が露出した状態となる。

【0021】これに対して、上記のように第1ガラス微粒子層の成長を終えた後も第2ガラス微粒子層の成長を継続することによって、補助バーナ及び主バーナの配置にかかわらず、第1ガラス微粒子層が先端部までの全体で第2ガラス微粒子層によって覆われた多孔質ガラス母材を得ることができる。

【0022】第2停止工程における主バーナの停止タイミングについては、補助バーナが停止されてからの経過時間を計測するタイマを用いて、主バーナの停止タイミングを決定することが好ましい。

【0023】タイマを用いてバーナの停止制御を行うことによって、VAD装置の装置構成自体については変更することなく、VAD制御方法を変更するのみで、上記した製造方法を低コストで実現することが可能である。

【0024】あるいは、第2停止工程において、第2ガ

ラス微粒子層の成長された位置が、第1ガラス微粒子層の全体を覆う位置に到達したことを検知する成長位置検知手段を用いて、主バーナの停止タイミングを決定することが好ましい。

【0025】成長位置検知手段を用いた場合、補助バーナの停止後における第2ガラス微粒子層の成長条件の変化等にも対応することが可能となり、第2ガラス微粒子層が第1ガラス微粒子層の全体を覆う多孔質ガラス母材を確実に得ることができる。

10 【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面とともに本発明による光ファイバ母材の製造方法の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0027】まず、本発明による光ファイバ母材の製造方法の概要について説明する。図1は、光ファイバ母材の製造方法の一実施形態について概略的に示す側面図である。本製造方法においては、少なくともコアを含む出発ロッドの外周上に、VAD法を用いてススを堆積させる(スス付けする)ことによってジャケット形成して、多孔質ガラス母材が合成される。なお、以下の図1~図4に示す光ファイバ母材(多孔質ガラス母材)の側面図においては、説明のため、出発ロッド及びスス付けされる各ガラス微粒子層を、その中心軸を含む垂直断面構造によって図示している。

【0028】本実施形態においては、外周上にスス付けによるジャケット形成が行われる出発ロッドとしては、コア(またはコア及びクラッドの一部)を含むコアロッド11に対して、両端部のそれぞれにダミーロッド15が接続されて構成された出発ロッド10が用いられている。この出発ロッド10は、支持機構(図示していない)によって、その中心軸が垂直方向となるように支持されている。また、支持機構は、出発ロッド10を所定の引き上げ方向(図1においては上方)に引き上げるとともに、垂直軸を回転軸として回転させることが可能に構成されている。

【0029】コアロッド11は、VAD法などの合成方法によって作製される。すなわち、例えば、SiO₂(シリカ)にGe(ゲルマニウム)がドーブされた中心層(コア層)、及びその外側の純SiO₂の外周層からなる多孔質ガラス母材をVAD法によって合成する。そして、得られた多孔質ガラス母材を脱水、焼結して透明ガラス母材とした後、所定の外径及び長さとなるように延伸してコアロッド11を作製する。図1においては、このように作製されたコア層12及び外周層13(クラッド層の一部)からなるコアロッド11が示されている。

50 【0030】出発ロッド10に対して、その外周上にガ

ラス微粒子（ス）を合成して堆積させるスス付けには、本実施形態では、補助バーナ2及び主バーナ5の2本の合成用バーナが用いられる。各合成用バーナ2、5には、それぞれ所定の原料ガス、及び火炎を生成するための燃料ガスが供給される。

【0031】補助バーナ2及び主バーナ5は、主バーナ5からの火炎によるスス合成が、補助バーナ2の火炎によるスス合成よりも出発ロッド10からみて外側で行われるように、それぞれ配置されている。また、これらの合成用バーナ2、5からの火炎によるススの堆積を同時に進行させるため、主バーナ5が、補助バーナ2よりも出発ロッド10の引き上げ方向に対して、やや上方の位置となるように配置されている。

【0032】本実施形態においては、これらの補助バーナ2及び主バーナ5を用いて、出発ロッド10の外周上へのスス付けによるジャケット形成が行われる（スス付け工程）。すなわち、補助バーナ2及び主バーナ5にそれぞれ所定の原料ガス及び燃料ガスが供給されて火炎が生成されると、それぞれの火炎中において、供給されている原料ガスに対応した組成からなるススが合成される。一方、出発ロッド10は、支持機構によって一定速度で回転されつつ、所定の引き上げ速度で図中の上方へと引き上げられる。

【0033】このとき、補助バーナ2からの火炎中で生成されたススは、出発ロッド10の外周上に堆積されて、第1ガラス微粒子層である保護層20が成長される。また、補助バーナ2よりも外側の主バーナ5からの火炎中で生成されたススは、出発ロッド10の外周上に成長しつつある保護層20の外周上にさらに堆積されて、第2ガラス微粒子層であるジャケット層50が成長される。

【0034】各バーナ2、5に供給されるガスについては、燃料ガスとしては、例えば、加水分解反応を効率良く行える酸素水素火炎（ O_2-H_2 火炎）が用いられる。一方、原料ガスとしては、成長しようとする各ガラス微粒子層の組成に応じたガスが供給される。すなわち、保護層20及びジャケット層50を純 SiO_2 によって成長する場合には、 $SiCl_4$ ガスが用いられる。あるいは、Ge、Fなどをドーピングする場合には、それらに対応するガス成分が $SiCl_4$ ガスに加えて供給される。

【0035】ここで、補助バーナ2からの火炎については、この火炎によるススの合成及び堆積が行われている出発ロッド10の外周面の表面温度が、出発ロッド10へのOH基の吸着及び浸入が抑制される比較的低温な所定の温度範囲内の温度となるように、火力などの火炎の条件が制御される。ここで、補助バーナ2としては、上記の火炎条件のため、主バーナよりも低出力のバーナなどを選択して用いても良い。また、主バーナ5からの火炎については、通常のスス付けによるジャケット形成とほぼ同様の火炎条件で制御される。

【0036】出発ロッド10の外周上の保護層20及びジャケット層50は、出発ロッド10が回転しつつ引き上げられるのに伴って、出発ロッド10に対して下方に向かって、長手方向に成長していく。そして、保護層20が所定の位置（所定の長さ）まで形成されたら、補助バーナ2へのガスの供給を停止して、保護層20の成長を終了する。同様に、ジャケット層50が所定の位置（所定の長さ）まで形成されたら、主バーナ5へのガスの供給を停止して、ジャケット層50の成長を終了する。以上によって、出発ロッド10へのスス付けによるジャケット形成の全工程を終了する。

【0037】スス付け工程が終了したら、得られた多孔質ガラス母材を脱水、焼結して透明ガラス母材を形成する（脱水焼結工程）。なお、脱水工程においては、塩素による通常の脱水方法などが用いられる。

【0038】ここで、保護層20及びジャケット層50については、スス付け工程終了後の多孔質ガラス母材または焼結後の透明ガラス母材において、保護層（第1ガラス微粒子層）20の全体をジャケット層（第2ガラス微粒子層）50が覆うように形成することが好ましい。このとき、得られる多孔質ガラス母材の構成は、図2に示すようになる。

【0039】すなわち、保護層20は、コアロッド11及びグミーロッド15からなる出発ロッド10の外周上に、上部のグミーロッド15a側から下方に向かって成長される。そして、下部のグミーロッド15b側となる保護層20の先端部20aは、補助バーナ2による成長が終了されたときの成長先端の状態で、その外径が下方に向かって減少していくテーパ形状となっている。

【0040】また、ジャケット層50は、保護層20の外周上に同様に下方に向かって成長される。さらに、そのテーパ状先端部50aは、上記した保護層20のテーパ状先端部20aの全体を覆うように、先端部20aと略同一の位置または下方の位置まで形成される。したがって、図2に示す多孔質ガラス母材は、保護層20の全体がジャケット層50によって覆われた構成となっている。

【0041】このように、ジャケット層50が保護層20の全体を覆うように多孔質ガラス母材を形成するスス付け工程の具体的な構成としては、例えば、以下のように、補助バーナ2と主バーナ5とをそれぞれ異なる停止タイミングで停止する方法がある。

【0042】まず、補助バーナ2及び主バーナ5からの火炎によって各ガラス微粒子層の形成が開始されると、回転されつつ引き上げられている出発ロッド10に対して、補助バーナ2からの火炎によって、出発ロッド10の外周上に保護層20が長手方向に成長される。また、主バーナ5からの火炎によって、保護層20の外周上にジャケット層50が長手方向に成長される（第1成長工程、図1参照）。

【0043】保護層20及びジャケット層50の成長が進み、保護層20が長手方向の所定の位置（所定の長さ）まで成長されたら、補助バーナ2へのガスの供給を停止して、保護層20の成長を終了する（第1停止工程）。このとき、主バーナ5については同時に停止させず、ジャケット層50の長手方向への成長をさらに継続する（第2成長工程）。そして、ジャケット層50が、保護層20の全体を覆う位置まで成長されたら、主バーナ5へのガスの供給を停止して、ジャケット層50の成長を終了する（第2停止工程、図2参照）。

【0044】上記した製造方法においては、コアを含む出発ロッド10の外周上に、主バーナ5によって直接にススを堆積させてジャケット層50を成長させるのではなく、主バーナ5とは別に補助バーナ2を設けている。そして、補助バーナ2からの火炎の条件及びスス付け条件を、出発ロッド10の外周面の表面温度が、比較的低温でOH基の出発ロッド10への吸着及び浸入が防止または抑制される所定の温度範囲内となるように制御しつつ、保護層20を成長している。主バーナ5によるジャケット層50は、この保護層20の外周上に、通常のスス付けによるジャケット形成と同様の条件によって成長される。

【0045】このとき、主バーナ5からの火炎は、出発ロッド10の外周面に対しては供給されず、出発ロッド10の外周面の表面温度は補助バーナ2からの火炎によって上記の温度範囲内に保たれる。これによって、酸素・水素火炎からのOH基の出発ロッド10への吸着及び浸入が抑制されて、出発ロッド10（コアロッド11）の外周面近傍でのOH基含有層の形成が抑制される。

【0046】また、補助バーナ2は、出発ロッド10の外周面の表面温度を所定の温度範囲内に保持すると同時に、出発ロッド10の外周面と、主バーナ5からの火炎によって成長されるジャケット層50とを隔てる保護層20を成長させている。このとき、主バーナ5からの火炎による保護層20の外周面での温度上昇の、出発ロッド10の外周面への影響が、保護層20の厚みによって低減されて、出発ロッド10の外周面での表面温度上昇によるOH基含有層の形成が抑制される。

【0047】以上により、本実施形態による製造方法においては、補助バーナ2による出発ロッド10の外周面の表面温度の制御、及び保護層20による主バーナ5からの火炎での表面温度上昇の低減によって、ガラス化されている出発ロッド10へのOH基の吸着及び浸入が抑制される。このとき、酸素・水素火炎によるOH基はスス層である保護層20及びジャケット層50にのみ存在することとなるので、通常の塩素による脱水工程のみでOH基を除去することができ、線引時におけるコアへのOH基の拡散が防止される。

【0048】ここで、OH基は、波長1.38μmに光吸収ピークを有しており、光ファイバ内で伝送される光

の伝送損失を増大させる原因となる。これに対して、本製造方法によれば、上記のようにOH基の浸入による出発ロッド10でのOH基含有層の形成と、線引時のOH基含有層からコアへのOH基の拡散とを極力抑えることが可能であり、光ファイバとしたときの伝送損失の増大を抑えることが可能な光ファイバ母材が得られる。

【0049】なお、OH基の吸着及び浸入を抑制するための出発ロッド10の外周面に対する所定の温度範囲としては、出発ロッド10の外周面の表面温度を350℃以上850℃以下の範囲内とすることが好ましい。スス付け時におけるOH基の出発ロッドへの吸着及び浸入は、外周面の表面温度に大きく依存するが、上記の温度範囲内の表面温度としておくことによって、OH基の吸着及び浸入によるOH基含有層の形成を、効率的に防止することができる。これらの表面温度、及び保護層20の形成条件等については、実施例とともにさらに後述する。

【0050】また、上記した製造方法では、主バーナ5を補助バーナ2よりも後に停止させるなどのスス付け手順とすることによって、保護層20の全体を覆う位置までジャケット層50を成長させている。

【0051】保護層20及びジャケット層50は、それぞれ出力強度などの火炎条件が異なるバーナ2、5を用いて、ススを堆積させて形成される。したがって、これらの2つのガラス微粒子層20、50は、嵩密度及び固さがそれぞれ異なるスス層となる。上記した温度条件では、通常は保護層20は、ジャケット層50よりも柔らかい（嵩密度が低い）スス層となる。このため、スス付け工程中などにおいて、スス割れや、出発ロッド10からのススの剥離などを生じることがある。

【0052】特に、主バーナ5を補助バーナ2と同時に停止させて、保護層20及びジャケット層50の成長を終了した場合、スス付け終了後の多孔質ガラス母材での保護層20に対するジャケット層50のテーパー状先端部50aの位置は、図2に点線51で示す位置となる。すなわち、この場合、補助バーナ2及び主バーナ5の引き上げ方向についての位置の違いから、保護層20のテーパー状先端部20aは、ジャケット層50の先端部50aよりも下方まで突出する位置まで形成され、外部に露出した状態となる。このように、保護層20の先端部20aがジャケット層50から露出していると、この露出部位からスス割れや、保護層20の出発ロッド10からの剥離が生じやすく、光ファイバ母材の製造効率が低下する原因となる。

【0053】これに対して、上記したようにジャケット層50を保護層20の全体を覆うように形成すれば、機械的強度等については、ジャケット層50が保護層20を補強することとなる。これによって、多孔質ガラス母材に対して生じるスス割れやススの剥離の発生を大幅に低減して、光ファイバ母材の製造効率を向上することが

可能となる。

【0054】主バーナ5を補助バーナ2よりも後に停止させて、保護層20の全体を覆う位置までジャケット層50を成長させる具体的な方法としては、保護層20を成長させる補助バーナ2が停止されてからの経過時間を計測するタイマを用い、補助バーナ2の停止後、設定されている時間が経過した停止タイミングで主バーナ5の停止制御を行う方法がある。

【0055】このように、タイマを用いてバーナの停止制御を行った場合には、VAD装置の装置構成自体については変更することなく、VAD制御方法を変更するのみで、上記した製造方法を低コストで実現することが可能である。主バーナ5を停止する経過時間については、出発ロッド10の引き上げ速度やスス付け条件等を参照して設定することができる。

【0056】あるいは、ジャケット層50の成長された位置が、保護層20の全体を覆う位置に到達したことを検知する成長位置検知手段を用い、補助バーナ2の停止後、成長位置検知手段が所定位置に到達したことを検知した停止タイミングで主バーナ5の停止制御を行う方法がある。

【0057】このように、成長位置検知手段を用いてバーナの停止制御を行った場合には、補助バーナ2の停止後におけるジャケット層50の成長条件の変化等にも対応することが可能となり、ジャケット層50が保護層20の全体を覆う多孔質ガラス母材を確実に得ることができる。

【0058】ここで、成長位置検知手段の一例について説明しておく。図3は、成長位置検知手段の構成、及び成長位置の検知方法について示す図である。なお、図3(a)及び(b)においては、保護層20及びジャケット層50をそれぞれ成長させるバーナ2及び5については、図示を省略している。また、図3(a)及び(b)のそれぞれにおいて、その左側にスス付け工程中での多孔質ガラス母材の底面図を、また、右側に対応する側面図を示している。

【0059】ジャケット層50を成長させる主バーナ5の停止を制御するための成長位置検知手段は、成長位置検知用レーザ光源61と、レーザ光源61から出射される光の光路上で多孔質ガラス母材を挟む位置に設置された受光器62とを有して構成されている。レーザ光源61は、図3に示すように、出射光の光路がジャケット層50のテーパ状先端部50aの下面(あるいはその延長面)に接する点Pを通過するように設置される。また、受光器62は、レーザ光源61との間に遮るものがない場合に、出射光を所定強度(例えば出力強度の90%以上)で受光するように設置しておく。

【0060】このような構成からなる成長位置検知手段において、補助バーナ2を停止して保護層20の成長を終了すると同時に、レーザ光源61をONとする。補助

バーナ2を停止した時点では、多孔質ガラス母材は図3(a)に示す状態にある。このとき、レーザ光源61からの出射光は、ジャケット層50の先端部50aから下方に突出している保護層20の先端部20aによって遮られるので、受光器62では受光されない。

【0061】ここで、出発ロッド10(多孔質ガラス母材)を引き上げつつジャケット層50をさらに成長させると、図3(a)の状態から、既に成長が終了している保護層20の先端部20aが次第に上方に移動していく。そして、図3(b)に示すように、成長されているジャケット層50の先端部50aが保護層20の先端部20aを覆う位置に到達すると、保護層20はレーザ光源61からの出射光を遮らなくなるので、受光器62は所定強度以上の受光強度で、レーザ光源61からの出射光を受光する。これによって、ジャケット層50が保護層20の全体を覆う位置まで成長されたことを検知し、主バーナ5を停止してジャケット層50の成長を終了する。

【0062】上記したレーザ光源61及び受光器62からなる構成は、成長位置検知手段の一例であるが、これ以外にも、多孔質ガラス母材をCCDカメラや赤外線カメラなどの撮像手段によって撮像し、得られた多孔質ガラス母材の画像から、画像処理によって成長位置を検知するなど、様々な構成による成長位置検知手段が可能である。

【0063】なお、保護層20を形成するための補助バーナについては、上記した実施形態においては単一の補助バーナ2を用いているが、複数本のバーナを用いる構成としても良い。図4に、光ファイバ母材の製造方法の他の実施形態として、2本の補助バーナを用いた製造方法の例を示す。

【0064】本実施形態においては、出発ロッド10の外周上にススを堆積させる補助バーナ2、及びジャケット層50となるススを堆積させる主バーナ5に加えて、補助バーナ2及び主バーナ5の中間に2本目の補助バーナ3が設けられている。このとき、スス付け工程においては、補助バーナ2、3及び主バーナ5にそれぞれ原料ガス及び燃料ガスが供給されて火炎が生成されると、補助バーナ2からの火炎中で生成されたススは、出発ロッド10の外周上に堆積されて、第1保護層21が成長される。また、補助バーナ3からの火炎中で生成されたススは、第1保護層21の外周上に堆積されて、第2保護層22が成長される。これらの第1保護層21及び第2保護層22から、本実施形態での第1ガラス微粒子層である保護層20が構成される。さらに、主バーナ5からの火炎によって、保護層20の外周上にジャケット層50が成長されて、多孔質ガラス母材が形成される。

【0065】このように、補助バーナを複数本とした場合には、出発ロッド10の外周面での上記した表面温度条件を保ちつつ、複数層(第1保護層21及び第2保護

層 2 2) からなる保護層 2 0 の厚みを厚く形成することが可能である。これによって、保護層 2 0 の外周上へのジャケット層 5 0 のスス付けによる、出発ロッド 1 0 の外周面の表面温度上昇を確実に低減することができる。

【0 0 6 6】なお、上記のように補助バーナを 2 本のバーナ 2、3 とした場合の、各バーナ 2、3、5 の停止タイミングについては、補助バーナ 2、3 を同時に停止して第 1 保護層 2 1、第 2 保護層 2 2 の成長を終了するとともに、ジャケット層 5 0 が第 1 保護層 2 1 及び第 2 保護層 2 2 からなる保護層 2 0 の全体を覆う位置まで成長された時点で主バーナ 5 を停止することが好ましい。

【0 0 6 7】あるいは、補助バーナ 2 を停止して第 1 保護層 2 1 の成長を終了した後、第 2 保護層 2 2 が第 1 保護層 2 1 の全体を覆う位置まで成長された時点で補助バーナ 3 を停止し、さらに、ジャケット層 5 0 が第 1 保護層 2 1 及び第 2 保護層 2 2 からなる保護層 2 0 の全体を覆う位置まで成長された時点で主バーナ 5 を停止しても良い。

【0 0 6 8】また、保護層 2 0 の成長される厚みについては、一般に、ジャケット層 5 0 を成長させる主バーナ 5 からの火炎の火力などの火災条件に応じて制御することが好ましい。すなわち、主バーナ 5 からの火炎の条件が異なると、それに伴う出発ロッド 1 0 の外周面の表面温度上昇も同時に変化する。これに対して、保護層 2 0 の成長される厚みを主バーナ 5 の火力等に応じて設定することとおけば、それぞれの火災条件に対して、出発ロッド 1 0 の表面温度上昇を防止して、出発ロッド 1 0 への OH 基の浸入を効果的に抑制することができる。このような保護層 2 0 の成長される厚みは、上記した補助バーナの本数や、それぞれの補助バーナからの火炎の火力などによって制御することが可能である。

【0 0 6 9】なお、必要以上に保護層 2 0 の厚みを厚くするとスス付けの効率が悪くなるので、OH 基の浸入抑制の効果と合わせて、好適な保護層 2 0 の厚みを設定することが好ましい。

【0 0 7 0】以下、上記した光ファイバ母材の製造方法について、実施例を参照しつつ具体的に説明する。

【0 0 7 1】第 1 実施例として、図 1 に示した単一の補助バーナ 2 及び主バーナ 5 を用いた製造方法によって、多孔質ガラス母材を形成した。出発ロッド 1 0 に用いられるコアロッド 1 1 としては、SiO₂に Ge がドーパされたコア層（コア層 1 2）、及び純 SiO₂からなる外周層（外周層 1 3）からなる多孔質ガラス母材を VAD 法によって作製し、脱水、焼結して透明ガラスコア母材とした後、所定の外径（例えば 2.4～2.5 cm 程度）となるように延伸したものをを用いた。コア層 1 2 の外径に対するコアロッド 1 1 の外径比は、7 倍とした。

【0 0 7 2】このコアロッド 1 1 にダミーロッド 1 5 を接続した出発ロッド 1 0 に対して、補助バーナ 2 及び主バーナ 5 によって、純 SiO₂からなる保護層 2 0 及び

ジャケット層 5 0 をスス付けした。保護層 2 0 の厚みはおよそ 3 cm であり、また、最終的なジャケット倍率は 2.5～3.8 倍程度であった。なお、ジャケット倍率とは、（ジャケット形成後の外径）／（ジャケット形成後の出発ロッド径）の倍率を示す。さらに、スス付け終了後に得られた多孔質ガラス母材を脱水、焼結して透明ガラス母材とした。

【0 0 7 3】また、補助バーナ 2 及び主バーナ 5 によるスス付けについては、補助バーナ 2 によってスス付けされる出発ロッド 1 0 の外周面の表面温度が、350℃、450℃、550℃、650℃、750℃、及び 850℃の温度となる条件でそれぞれスス付けを行った。これらの表面温度は、サーモレーサカメラを用いて測定した。

【0 0 7 4】ジャケット形成を行った上記の透明ガラス母材を線引して得た光ファイバにおける波長 1.38 μm での OH 基吸収損失と、コアロッドとして用いた透明ガラスコア母材を線引して得た光ファイバにおける波長 1.38 μm での OH 基吸収損失との差分の測定値を、表 1 に示す。ここで、透明ガラス母材及び透明ガラスコア母材を用いた光ファイバについては、それぞれでのコア径がほぼ等しくなるように、異なる光ファイバ外径で線引を行った。したがって、表 1 に示す差分測定値は、コアロッド 1 1 に対して外周面から浸入した OH 基の影響による OH 基吸収損失の増加値に相当している。

【0 0 7 5】

【表 1】

表面温度 (℃)	吸収損失差分 (dB/km)
350	0.001 以下
450	0.001 以下
550	0.002
650	0.007
750	0.04
850	0.08

【0 0 7 6】表 1 に示すように、補助バーナ 2 の火炎があたっている出発ロッド 1 0 の外周面の表面温度が減少するにつれて、OH 基吸収損失の増加値が低減されていることがわかる。特に、表面温度を 350℃及び 450℃とした測定値では、OH 基吸収損失の増加値が 0.001 dB/km 以下と、ほとんどみられない結果となっている。

【0 0 7 7】なお、ジャケット層 5 0 で保護層 2 0 の全体を覆うことについて、補助バーナ 2 及び主バーナ 5 を同時に停止して保護層 2 0 の先端部 2 0 a がジャケット層 5 0 から下方に突出して露出した状態でスス付けを終了した場合（図 2 の点線 5 1 参照）についても、多孔質ガラス母材の形成を行った。このとき、約 7% の割合で多孔質ガラス母材でのスス割れ、ススの剥離等を生じる結果となった。一方、ジャケット層 5 0 で保護層 2 0 の全体を覆った場合には、スス割れ等は発生せず、スス割

れやススの剥離の発生が低減される効果が確認された。

【0078】次に、第2実施例として、第1実施例よりも主バーナ5に供給する酸素水素ガス及びSiCl₄の原料ガスを多くして、ジャケット層50となるススの堆積速度を上昇させた場合について、同様の測定を行った。ただし、本実施例では、図1に示した製造方法に加えて、図4に示した2本の補助バーナ2、3及び主バーナ5を用いた製造方法についても、同様に多孔質ガラス母材を形成して測定を行った。

【0079】ここで、コアロッド11の構成、出発ロッド10の外周面での表面温度の設定等の条件について *

*は、第1実施例と同様とした。また、2本目の補助バーナ3によってスス付けされる第1保護層21の外周面の表面温度については、600℃～750℃程度とほぼ一定になるように補助バーナ3を制御した。

【0080】このとき得られた波長1.38μmでのOH基吸収損失の差分値を、表2に示す。ここで、吸収損失差分1は、補助バーナが1本の場合（図1参照）の差分値を、また、吸収損失差分2は、補助バーナが2本の場合（図4参照）の差分値を示している。

【0081】

【表2】

表面温度 (℃)	吸収損失差分1 (dB/km)	吸収損失差分2 (dB/km)
350	0.005	0.001以下
450	0.008	0.001以下
550	0.01	0.002
650	0.013	0.007
750	0.04	0.04
850	0.08	0.08

【0082】表2に示すように、補助バーナが1本の場合では、表1での増加値に比べてOH基吸収損失の増加値が増大していることがわかる。これは、本実施例において主バーナ5に供給する酸素水素ガス及びSiCl₄の原料ガスを多くしていることに起因している。すなわち、主バーナ5へのガスの供給量を多くしてススの堆積速度を上昇させているため、スス付け工程においては、出発ロッド10の引き上げ速度を第1実施例よりも速くしている。このとき、保護層20は、第1実施例に比べて厚みが薄くなるように形成される。このため、保護層20の外周面に対するスス付けによる表面温度上昇の影響を保護層20によって十分に抑えることができず、結果としてコアロッド11内にOH基が浸入してしまう。

【0083】これに対して、補助バーナを2本とした場合には、第1保護層21及び第2保護層22からなる保護層20の厚みを十分に確保することができるので、表2に示すように、第1実施例と同様のOH基吸収損失の増加値の低減が実現されている。このように、スス付けに用いる補助バーナの本数や、保護層の厚みについては、主バーナの火炎の火力などの火炎条件などに応じて、その影響を十分に抑えることができるように適宜設定することが好ましい。

【0084】ここで、出発ロッドの外周面の表面温度に対して、好適な温度範囲として上述した350℃以上850℃以下の範囲について、第1実施例及び第2実施例による吸収損失差分を示す表1及び表2を参照して説明しておく。

【0085】上記した温度範囲のうち、下限である350℃については、多孔質ガラス母材が形成されるための条件によって決定されている。すなわち、350℃未満の温度となると、ガラス微粒子が付着せず、ガラス微粒

子の堆積による多孔質ガラス母材の形成が行われない。したがって、350℃以上の温度範囲とすることによって、良好に多孔質ガラス母材の形成を行うことができる。

【0086】一方、上限である850℃については、伝送損失を抑制するための条件によって決定されている。すなわち、光伝送等に使用される波長帯のうち、S-B andの波長1.45μmの光が、OH基による波長1.38μmでの光吸収の影響を受けやすい。850℃以下とする上限温度は、主にこの波長1.45μmでの伝送損失などによって決定されている。

【0087】図5は、波長1.38μmでのOH吸収による伝送損失増加量(dB/km)と、波長1.45μmでのOH吸収の影響による伝送損失増加量(dB/km)との相関を示すグラフである。このグラフに示されている伝送損失増加量の相関によれば、OH基光吸収による波長1.38μmでの伝送損失増加量がおよそ0.08dB/km（図5においては0.092dB/km）を超えると、波長1.45μmにおいて、OH基光吸収の影響から、光伝送に対する過剰損失を生じる。したがって、表1及び表2に示されている波長1.38μmでのOH基吸収損失の差分値を参照すれば、850℃以下の温度範囲とすることによって、波長1.45μmでの伝送損失における過剰損失を抑えることができる。

【0088】本発明による光ファイバ母材の製造方法は、上記した実施形態及び実施例に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、補助バーナの本数については、1本及び2本とした実施形態を示しているが、必要であれば3本以上の補助バーナを用いても良い。また、出発ロッドの外周面の表面温度については、出発ロッドの外径に対するコア径の比や、ジャケット倍

率などに応じて、それぞれの場合で好適な温度に設定することが好ましい。

【0089】また、多孔質ガラス母材を形成した後の脱水焼結工程についても、例えば、屈折率プロファイルを調整するためのガス添加焼結を行うなど、様々な変更が可能である。

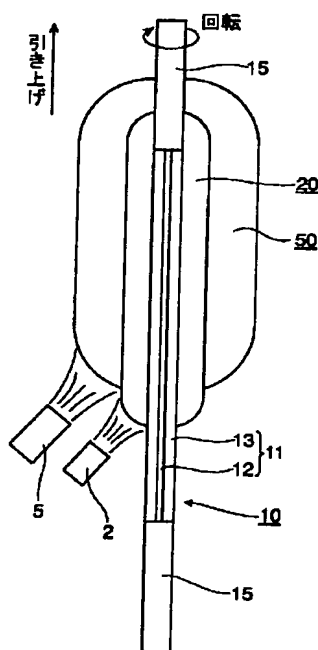
【0090】

【発明の効果】本発明による光ファイバ母材の製造方法は、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、ジャケット付け用の主バーナとは別に補助バーナを設けるとともに、この補助バーナによってスス付けが行われる出発ロッドの外周面の表面温度を所定の温度範囲に保持しながら、保護層となる第1ガラス微粒子層を形成する。そして、この保護層の外周面上に、主バーナによってジャケット層となる第2ガラス微粒子層を、第1ガラス微粒子層の全体を覆うように形成する。

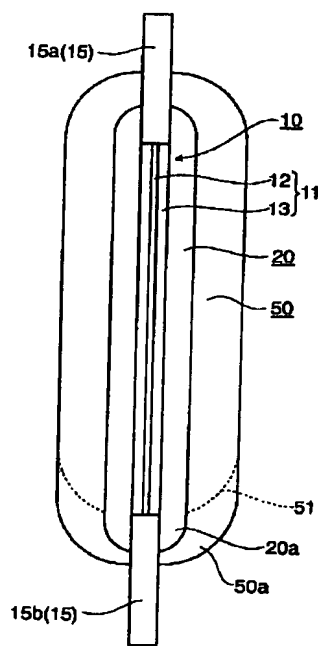
【0091】これによって、酸素水素火災によって発生したOH基の出発ロッドへの吸着及び浸入が十分に抑制される。したがって、通常の塩素による脱水などの脱水工程によるOH基の除去が可能となり、線引時におけるコアへのOH基の拡散が防止される。また、上記したOH基の浸入、拡散の防止に加えて、スス層の高密度の違いなどに起因するスス割れやススの剥離の発生が低減される光ファイバ母材の製造方法が実現される。

【0092】このとき、光ファイバにおける光伝送での

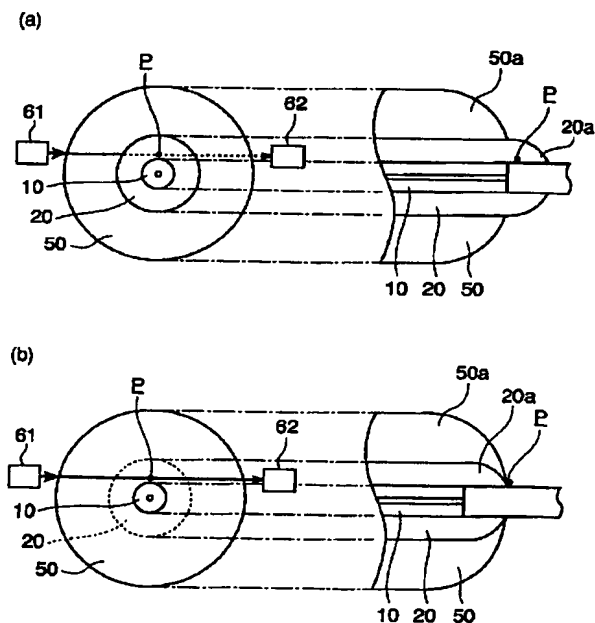
【図1】



【図2】



【図3】



伝送損失増大の原因となるOH基が、出発ロッド内のコアの領域に浸入することがなくなるので、伝送損失が低減される光ファイバを作製可能な光ファイバ母材が得られる。また、このような製造方法によれば、ジャケット倍率が高い場合などにおいても、スス付けによるジャケット形成を行う前にコラプスによってガラスチューブを被せることなくOH基の影響を低減できるので、製造工程を複雑化することなく、安価な製造コストで、良好な特性の光ファイバ母材が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光ファイバ母材の製造方法の一実施形態について概略的に示す側面図である。

【図2】図1に示した製造方法によって得られる多孔質ガラス母材の構成の一例を概略的に示す側面図である。

【図3】成長位置検知手段の構成及び成長位置の検知方法について示す図である。

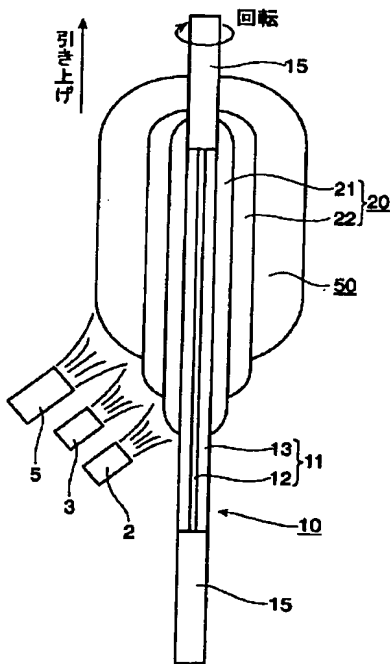
【図4】光ファイバ母材の製造方法の他の実施形態について概略的に示す側面図である。

【図5】波長1.38μm及び1.45μmにおける伝送損失増加量の相関を示すグラフである。

【符号の説明】

2、3…補助バーナ、5…主バーナ、10…出発ロッド、11…コアロッド、12…コア層、13…外周層、15…グミロッド、20…保護層、20a…テーパ状先端部、21…第1保護層、22…第2保護層、50…ジャケット層、50a…テーパ状先端部。

【図4】



【図5】

